Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 137-152

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۵۲-۱۳۷

تغییرات نسبت کربن به نیتروژن خاک و پاسخ رشدی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در واکنش به سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی

سمانه لاله[1*] - مجیدجامی الاحمدی[2] - سهیل پارسا[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۸

چکیده

یکی از نکات مهم در بهبود مدیریت زراعی و تولید گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر گیاه دارویی شاهدانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۴- ۱۳۹۳ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش شامل کود دامی (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی پوسیده شده) به‌عنوان کرت اصلی و کود نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره) به همراه کود فسفر (صفر و ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان کرت فرعی بودند. نمونه‌برداری در دو مرحله‌ی رویشی و زایشی گیاه انجام گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که اثر کود دامی در مرحله‌ی رویشی بر ارتفاع و قطر ساقه، وزن خشک ساقه و برگ معنی‌دار نبود، اما کود شیمیایی نیتروژن اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های رشد داشت. در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی با افزایش سطح کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک و دانه افزایش یافت. با افزایش سطح کود دامی و نیتروژن شاخص برداشت کاهش یافت، به‌طوری‌که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، از طریق افزایش بیشتر رشد رویشی این شاخص را به‌ترتیب ۱۸/۲۰ و ۱۳/۰۷ درصد کاهش دادند. افزایش سطح کودهای نیتروژن و دامی در کاهش نسبت C/N خاک در مرحله زایشی مؤثر بود. اضافه نمودن فسفر سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۱۳درصد)، وزن خشک ساقه (۶/۴۲ درصد) و برگ (۱۵/۲۱) در مرحله زایشی شد. بر طبق نتایج آزمایش کاربرد تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و همچنین ۲۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن سطوح مناسبی برای تغذیه‌ی شاهدانه هستند.

واژه‌های کلیدی: اوره، سوپرفسفات تریپل، کود گاوی

مقدمه

گیاه دارویی شاهدانه یا بنگ (*Cannabis sativa* L.) متعلق به خانواده Cannabinaceae، بومی ایران است که جهت استفاده از الیاف، ساخت کاغذ، استخراج روغن، تولید ترکیبات دارویی و مخدر در مناطق گرم کشت می‌شود (Zaman, 2003). این گیاه علفی، یکساله و دو پایه می‌باشد. دانه شاهدانه در تغذیه انسان به دلیل کاهش کلسترول و فشار خون اهمیت دارد (Oomah *et al*., 2002).

یکی از نکات مهم در زمینه‌ی کاشت گیاهان دارویی، توجه به تغذیه‌ی گیاهان دارویی و حاصلخیزی خاک است. در میان عناصر غذایی مختلف، نیتروژن نقش اساسی در دستیابی به عملکرد بالای کمی و کیفی گیاهان دارویی ایفا می‌کند. نیتروژن عنصری ضروری و اساسی است که در ترکیب با سایر عناصر، مواد بسیار ارزشمندی نظیر آمینواسیدها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها و بازهای پورینی را نیز تولید می‌کند (Wahba *et al*., 2014). فسفر بعد از نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد استفاده گیاهان است که در تجمع و تولید اسیدهای چرب، گسترش ریشه، فتوسنتز، گل‌دهی و گرده‌افشانی تأثیر دارد. این عنصر با دخالت در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی‌زا و در مکانیسم‌های انتقال انرژی نقش دارد. تأثیر فسفر در تولید محصول بهتر و با کیفیت برتر، تشکیل و پایداری گل‌دهی، مقاومت به ورس و در نهایت بالابردن عملکرد دانه نیز تأیید شده است (Valadabadi *et al*., 2007). در گیاه دارویی بارهنگ (*Plantago major*) کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Samaneh_Laleh@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i1.60300

تریپل، سبب افزایش وزن خشک و تر کل بوته و سطح برگ آن شد (abdipoor *et al*., 2013). گزارش شده است که تأمین این عناصر مهم غذایی برای گیاه تنها از طریق کودهای شیمیایی به مرور زمان سبب تخریب ساختمان خاک، کاهش شدید در مقدار مواد آلی و در نهایت سبب کاهش نسبت کربن به نیتروژن و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک‌های زراعی خواهد شد (Javaheri *et al*., 2016). در اراضی زراعی ایران به علت وضعیت بیولوژیک نامطلوب خاک، کاربرد کودهای آلی به تنهایی نیز ممکن است مشکلاتی از جمله کاهش عملکرد را در پی داشته باشد (Pourazizi and Fallah, 2013)، هرچند که کاربرد کودهای آلی در کشاورزی پایدار، مزایای زیادی نظیر افزایش کیفیت محصول، باروری و حاصلخیزی خاک، افزایش ماده آلی و ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و بهبود pH و فعالیت میکروبی آن دارد. با توجه به این‌که کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات و خسارات جدی به محیط زیست شده است و مصرف کودهای دامی به تنهایی نیز به علت فراوانی کم، هزینه بالا، متعادل نبودن مواد غذایی و اسیدی نمودن خاک محدود شده است (Akande *et al*., 2010)، در سال‌های اخیر توجه زیادی به استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی شده است. مطالعاتی نیز در زمینه‌ی تأثیر استفاده‌ی تلفیقی از کودهای شیمیایی و دامی روی گیاهان دارویی انجام گرفته است. به‌طور مثال در گیاه رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ و عملکرد گیاه تحت تأثیر معنی‌دار تیمار ترکیبی کود شیمیایی و دامی قرار گرفت و کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی تأثیر بیشتری بر این صفات داشت (Hosseini valiki and Ghanbari, 2014). در بررسی مقادیر مختلف کود دامی، کودهای شیمیایی و نیز کاربرد تلفیقی آن‌ها در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) مشخص شد که مصرف کود دامی و شیمیایی (NPK) به‌ترتیب موجب افزایش ۷۸ و ۶۹ درصدی محصول رازیانه گردید، در حالی‌که کاربرد تلفیقی آن‌ها تولید را تا ۱۲۲ درصد افزایش داد (Eslami khalili *et al*., 2014). در بررسی چهار سطح کودی شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم)، کود دامی (۱۵ تن در هکتار) و تیمار تلفیقی (۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره+ ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم+ ۷/۵ تن در هکتار کود دامی) در کشت بهاره گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)، بیشترین شاخص برداشت در تیمار تلفیقی (۷۹/۵۰ درصد) و کمترین آن در شاهد (۶۶/۸۱ درصد) گزارش شد (Shams *et al*., 2012). رشد و عملکرد گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*) در تیمار تلفیقی کود شیمیایی (NPK) و کود دامی بیشتر از کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها بود، دلیل این افزایش به نقش کود دامی در افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت داده شده است (Mallanagouda, 1995).

نسبت کربن به نیتروژن نقش مهمی در تولید محصول، کیفیت خاک از نظر تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از قبیل نگهداری آب خاک، سیکل مواد غذایی، جریان گاز و رشد ریشه گیاه در سیستم‌های کشاورزی پایدار دارد (Pouryousef *et al*., 2010). یکی از عوامل تأثیرگذار در نسبت C/N خاک، اضافه نمودن ورودی کربن از طریق کودهای آلی به‌ویژه کود دامی به تنهایی یا ترکیب با کودهای غیرآلی است (Jokubauskaite *et al*., 2015). در بررسی خرازی و همکاران (Kharrazi *et al*., 2012)، با اعمال کود دامی به خاک، میزان کل کربن آلی و همچنین نسبت C/N در خاک کاهش و میزان نیتروژن موجود در بستر با گذشت زمان افزایش یافت. افزایش میزان نیتروژن با گذشت زمان، به حضور کرم‌های خاکی در خاک و ضایعات نیتروژنی ترشح شده، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌های تولید شده از آن‌ها در خاک نسبت داده شد و از طرفی تجزیه مواد آلی به‌وسیله کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها و تبدیل کربن آلی به گاز دی اکسید کربن و خروج آن از بستر، در کاهش نسبت C/N مؤثر بود.

شکل‌گیری عملکرد در گیاهان در بردارنده‌ی مجموعه‌ای از فرآیندهای مؤثر در مراحل مختلف رشد گیاه است که بررسی این مراحل و نقش تغذیه در آن، در شناخت عوامل مؤثر بر تولید، مؤثر خواهد بود. امروزه با وجود استفاده روز افزون از گیاهان دارویی و نقش تغذیه‌ای خاک در تولید آن‌ها، نیاز است مطالعات بیشتری در زمینه تأثیر تغذیه بر گیاهان دارویی انجام گیرد. شاهدانه یکی از گیاهان دارویی مهم در این زمینه است که به دلیل ممانعت‌های قانونی، جایگاه اصلی خود را در بین گیاهان زراعی به‌ویژه در ایران پیدا نکرده است. لذا هدف این تحقیق، بررسی تأثیر کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و آلی (گاوی) بر گیاه دارویی شاهدانه در مراحل رویشی و زایشی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴- ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۱۳ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا) روی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) (توده‌ی بومی خوسف) انجام گرفت. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیم دومارتن با ضریب خشکی ۶/۴ جزء اقلیم‌های خشک با تابستان‌های گرم می‌باشد (Khamchin moghaddam and Rezaee pajand, 2009). آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. از چهار سطح کود دامی (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن

در هکتار کود گاوی پوسیده شده) به‌عنوان کرت اصلی و سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره) به همراه دو سطح فسفر (صفر و ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل) به‌عنوان کرت‌های فرعی و به صورت فاکتوریل استفاده شد. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی دو متر، فاصله بین کرت‌های فرعی دو ردیف کاشت نشده، فاصله‌ی بین تکرارها چهار متر و طول ردیف‌ها نیز چهار متر در نظر گرفته شد. عملیات کشاورزی به‌ترتیب شامل شخم، دیسک، لولر و اضافه کردن کود دامی و شیمیایی سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر کرت اصلی) در محدوده‌های تعیین شده، ایجاد جو و پشته توسط فاروئر و حفر نهر آبیاری و زه‌آب توسط نهرکن انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود دامی مصرفی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کود دامی قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil and animal manure before the start of the experiment

عمق depth (cm)	بافت Texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	نسبت کربن به نیتروژن C/N	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	
0-20	لومی شنی رسی Loamy sandy clay	54	20	26	6.3	8.66	0.06	0.52	9.75	7.98	خاک (Soil)
-	-	-	-	-	1280	19.09	0.66	12.6	6.9	8.5	کود دامی (Animal manure)

کاشت شاهدانه در اوایل خرداد ماه با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در پنج ردیف با عمق کاشت سه تا چهار سانتی‌متر انجام شد. کاشت با دست و به صورت ردیفی در کنار پشته‌ها انجام گرفت. اعمال تمامی کود سوپر فسفات تریپل و نیمی از کود اوره قبل از کاشت و به صورت خطی با روش کود کاری دستی انجام شد. تنک اول در مرحله‌ی دو تا چهار برگی و تنک دوم دو هفته پس از تنک اول انجام گرفت. پس از اتمام تنک نیز نیمی دیگر از تیمارهای کود اوره به صورت سرک (به‌جز شاهد) اعمال شد. وجین علف‌های هرز در دو مرحله همزمان با تنک گیاه صورت گرفت. در طی آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی دیگری (به‌جز تیمارهای کودی)، علف‌کش و قارچ‌کشی مصرف نشد. آبیاری اول به صورت سنگین بلافاصله پس از کاشت اعمال شد و آبیاری دوم به فاصله چهار روز پس از آبیاری اول جهت تسهیل جوانه‌زنی انجام گرفت و پس از آن تا زمان رسیدگی دانه‌ها دور آبیاری ۱۰ روز تنظیم شد.

در مرحله رویشی (ظهور یازدهمین جفت برگ) و زایشی یعنی در مرحله رسیدگی دانه‌ها (همزمان با مرحله رشدی سخت شدن ۵۰ درصد دانه‌ها) (Mediavilla *et al.*, 1998) نمونه‌گیری از گیاه و خاک انجام گرفت. رسیدگی دانه‌ها در آبان‌ماه بود. در هر دو مرحله نمونه‌گیری، ارتفاع و قطر ساقه، وزن خشک ساقه و برگ گیاهان در سطح یک مترمربع از کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد، که در مرحله‌ی زایشی نمونه‌برداری تنها از بوته‌های ماده صورت گرفت. در مرحله‌ی زایشی همچنین عملکرد بیولوژیک و دانه به همراه شاخص برداشت دانه در یک متر مربع از هر کرت مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به کل وزن خشک تعیین شد. در مرحله‌ی زایشی ضرایب تخصیص برگ، ساقه و دانه از تقسیم وزن خشک هر کدام از این اجزاء بر وزن خشک کل بوته به‌دست آمد. نمونه‌برداری مرکب خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر با سه نمونه‌گیری در هر کرت در مراحل رویشی و زایشی انجام گرفت. نیتروژن کل گیاه و خاک به روش کجلدال (Bremner, 1965) و کربن خاک به روش والکی بلاک (Jafari Haghighi, 2003) تعیین شد.

بررسی نرمال بودن داده‌ها و همچنین همبستگی صفات مورد ارزیابی توسط IBM SPSS Statistics 22 انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS (V.9.1) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع ساقه

در مرحله رویشی اثر کود نیتروژن و در مرحله زایشی اثر کودهای نیتروژن و دامی بر ارتفاع ساقه معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳). در مراحل رویشی و زایشی با افزایش سطح نیتروژن، ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب سبب افزایش ۱۵/۳۵ و ۳۰/۲۸ درصد در مرحله رویشی و ۲۳ و ۳۷/۴۵ درصد در مرحله زایشی گیاه در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۴). به عبارت دیگر با پیشرفت رشد گیاه، اختلاف ارتفاع بوته بین سطوح بالا و پایین نیتروژن به‌ویژه به‌علت کاهش رشد در شرایط عدم مصرف نیتروژن در گیاهان شاهد، افزایش یافت. دسترسی به مواد غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته مؤثر است (Pouryousef *et al*., 2010). دیپ بروک (Diepen Brock, 2000) افزایش مصرف نیتروژن را در افزایش طول سلول‌های ساقه گیاه مؤثر دانستند و محرومیت از نیتروژن را نیز در ایجاد گیاهانی با ارتفاع کوتاه، شاخ و برگ‌های زرد و در نتیجه تولید عملکرد پایین تأثیرگذار ذکر کردند.

در مرحله زایشی کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی توانستند به‌ترتیب سبب افزایش ۴/۵۶، ۱۸/۲۸ و ۱۹/۹۵ درصدی ارتفاع ساقه نسبت به شاهد شوند. این در حالی بود که سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۴). یکی از عوامل تعیین‌کننده ارتفاع بوته، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، کودهای آلی با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به‌خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شوند (Tahami *et al*., 2010). با توجه به عدم تأثیرپذیری ارتفاع بوته از کود دامی در مرحله رویشی و تأثیرپذیری آن در مرحله زایشی، به نظر می‌رسد که با وجود استفاده از کود دامی پوسیده شده در این آزمایش، نیاز به گذشت زمان جهت تأثیرپذیری تدریجی گیاه از کودهای دامی بوده است. سینگ و همکاران (Singh and Chauhan, 1994) کمبود مواد غذایی را یکی از عوامل مؤثر در تعیین ارتفاع جو (*Hordeum vulgare*) دانستند و در شرایط عدم کمبود مواد غذایی، افزایش ارتفاع بوته را ناشی از افزایش تعداد و طول میانگره‌ها بیان نمودند.

قطر ساقه

قطر ساقه در مرحله رویشی تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت (جدول ۲)، در حالی‌که در مرحله زایشی کودهای نیتروژن و دامی بر قطر ساقه اثر معنی‌داری به‌ترتیب در سطوح یک و پنج درصد داشتند (جدول ۳). قطر ساقه در مرحله زایشی تحت تأثیر سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب ۱۴/۲۴ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند در حالی‌که این دو سطح اختلاف معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند (جدول ۴). ساقه شاهدانه یک بخش چوبی در برگرفته شده با کامبیوم آوندی (بافت رویشی) و یک حلقه بیرونی از سلول‌های آبکشی، بافت اپیدرمی و کورتکس دارد (Saadati *et al*., 2015). لذا احتمال می‌رود که افزایش قطرساقه مرتبط با افزایش رشد سلول‌های اپیدرمی و یا کامبیوم آوندی و یا افزایش هر دو باشد. همچنین با وجود همبستگی مثبت قطر ساقه با وزن خشک ساقه (۰/۶۱) و برگ (۰/۴۲) (جدول ۹) می‌توان نتیجه گرفت که افزایش وزن خشک و رشد بهتر گیاه با ساخت و تجمع بیشتر مواد در ساقه همراه بوده است و این عامل سبب افزایش قطر ساقه در شاهدانه شده است. یزدانی و همکاران (Yazdani *et al*., 2015) نیز کاربرد کودهای آلی را در افزایش ارتفاع و قطر ساقه و وزن خشک پیکر رویشی گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) مؤثر دانستند.

وزن خشک ساقه

در مرحله رویشی وزن خشک ساقه تنها تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). در مرحله زایشی اثر کودهای دامی و نیتروژن در سطح یک درصد، کود فسفر و همچنین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن در سطح پنج درصد بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بودند (جدول ۳). وزن خشک ساقه پاسخ مثبتی به افزایش کود فسفر نشان داد و میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در مقایسه با عدم کاربرد فسفر توانست ۶/۴۲ درصد وزن خشک ساقه را افزایش دهد (جدول ۴). در آزمایشی روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نیز کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر توانست وزن گیاه را افزایش دهد، همچنین فسفر در جذب نیتروژن و تشکیل بافت‌های گیاهی نقش داشته و کمبود آن در کاهش محصول مؤثر است (Zeinali *et al*., 2014). در مراحل رویشی و زایشی اگرچه وزن خشک ساقه متأثر از ارتفاع و قطر ساقه بود، اما در مرحله رویشی وزن خشک ساقه همبستگی قوی‌تری با ارتفاع بوته (۰/۳۱) و در مرحله زایشی همبستگی قوی‌تری با قطر ساقه (۰/۶۱) داشت (جداول ۸ و ۹). به نظر می‌رسد که در مرحله رویشی گیاه از طریق افزایش طول ساقه سعی در افزایش ماده خشک ساقه نموده تا از این طریق بتواند در این مرحله از رشد، استفاده بیشتری از نور داشته باشد و در مرحله زایشی پس از رسیدن به حدی که ارتفاع مطلوب گیاه است، با افزایش بیشتر قطر ساقه بتواند در ایجاد ساقه مستحکم‌تر جهت رشد بیشتر و تحمل بیشتر بخش‌های زایشی خود اقدام نماید.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در مرحله رویشی شاهدانه

Table 2- Analysis of variance for the measured traits in vegetative stage of hemp

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square						
		ارتفاع ساقه Shoot height	قطر ساقه Shoot diameter	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	کربن خاک Soil carbon	نیتروژن خاک Soil nitrogen	نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N ratio
تکرار Replication	2	79.09 ns	1.39 ns	0.83 ns	78.15 ns	0.001 ns	0.00007 ns	4.19 ns
کود دامی Animal manure (A)	3	80.73 ns	1.06 ns	0.71 ns	5.53 ns	0.098 **	0.00005 ns	35.67 ns
خطای اصلی Error a	6	77.35	0.67	0.65	3.65	0.003	0.00001	5.12
نیتروژن Nitrogen fertilizer (B)	2	513.59**	1.32 ns	5.59**	61.54**	0.010 ns	0.00077*	16.54 ns
فسفر Phosphorus fertilizer (C)	1	107.55 ns	0.23 ns	0.64 ns	11.22 ns	0.016 ns	0.0002 ns	5.30 ns
A × B	6	37.96 ns	0.48 ns	0.62 ns	1.55 ns	0.002 ns	0.0003 ns	26.19 ns
A × C	3	66 ns	0.26 ns	0.20 ns	9.56 ns	0.009 ns	0.00016 ns	16.59 ns
B × C	2	39.84 ns	0.33 ns	1.63 ns	2.45 ns	0.001 ns	0.00018 ns	10.35 ns
A × B× C	6	10.73 ns	0.26 ns	1.09 ns	1.99 ns	0.007 ns	0.00019 ns	9.63 ns
خطای فرعی Error b	40	66.20	0.69	0.66	4.77	0.005	0.00015	13.62
ضریب تغییرات CV (%)	-	23.1	30.7	19.5	17.7	11.1	18.2	31.3

ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

ns: Non- significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در مرحله زایشی شاهدانه

Table 3- Analysis of variance for the measured traits in reproductive stage of hemp

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	Mean square میانگین مربعات									
		ارتفاع ساقه Shoot height	قطر ساقه Shoot diameter	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کربن خاک Soil carbon	نیتروژن خاک Soil nitrogen	نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N ratio
تکرار Replication	2	527.46^{ns}	0.33^{ns}	8.80^{ns}	361.32^{ns}	7790.902^{ns}	907918.1^{ns}	33.58^{ns}	0.006^{ns}	0.0005^{ns}	0.52^{ns}
کود دامی Animal manure (A)	3	1189.62*	0.70*	86.30**	6104.96**	908520.38**	26989652.5**	85.05*	0.0354**	0.001**	6.36**
خطای اصلی Error a	6	177.28^{ns}	0.19	10.12	237.97	56383.001	705494.4	11.69	0.0027	0.00012	1.66
نیتروژن Nitrogen fertilizer (B)	2	4876.57**	3.74**	428.35**	12490.24**	2593403.301**	67710979.5**	83.84*	0.0066^{ns}	0.0002*	1.002^{ns}
فسفر Phosphorus Fertilizer (C)	1	81.70^{ns}	0.28^{ns}	45.72*	2493.41**	862275.831**	14163231.6**	7.01^{ns}	0.0078^{ns}	0.0002^{ns}	0. 1^{ns}
A × B	6	278.59^{ns}	0.04^{ns}	13.24*	526.81^{ns}	301240.082**	2786038.6**	23.82^{ns}	0.0031^{ns}	0.00003^{ns}	1.63^{ns}
A × C	3	210.87^{ns}	0.40^{ns}	1.16^{ns}	618.99^{ns}	63734.433^{ns}	1528519^{ns}	20.84^{ns}	0.0015^{ns}	0.00004^{ns}	1.09^{ns}
B × C	2	329.30^{ns}	0.05^{ns}	0.37^{ns}	76.26^{ns}	16121.192^{ns}	95683.8^{ns}	13.7^{ns}	0.0032^{ns}	0.0001^{ns}	0.68^{ns}
A × B× C	6	415.23^{ns}	0.15^{ns}	1.03^{ns}	247.67^{ns}	17615.217^{ns}	607858.4^{ns}	8.25^{ns}	0.0037^{ns}	0.00008^{ns}	2.86^{ns}
خطای فرعی Error b	40	288.99	0.24	5.08	337.48	38846.54	784938.4	24.01	0.0039	0.00006	1.29
ضریب تغییرات CV (%)	-	18.7	16.4	13.8	22.1	12	12.2	19.1	10.5	11.4	13.3

ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

ns : Non- significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده کودهای دامی، نیتروژن و فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده در مراحل رویشی و زایشی شاهدانه

Table 4- Mean comparisons of simple effects of animal manure, nitrogen and phosphorus on measured traits in vegetative and reproductive stages of hemp

		ارتفاع ساقه Shoot height (cm)		قطر ساقه Shoot diameter (cm)		وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g plant^{-1})		وزن خشک برگ Leaf dry weight (g plant^{-1})	
		1	2	1	2	1	2	1	2
کود دامی Animal manure (ton ha^{-1})	0	32.61a	81.92b	1.44a	2.76b	3.91a	22.83b	11.66a	63.27b
	10	34.50a	85.66b	1.86a	2.97ab	3.91a	25.24ab	12.11a	72.16b
	20	36.38a	96.90a	1.87a	3.17a	4.07a	26.90a	12.70a	96.05a
	30	37.38a	98.27a	2a	3.17a	4.28a	27.82a	12.81a	101.45a
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha^{-1})	0	30.54b	75.48c	1.55a	2.63c	4.35a	20.91c	10.57b	57.80c
	50	35.33a	92.84b	1.80a	3.01b	3.71b	27.28b	12.64a	90.00b
	100	39.79a	103.75a	2.02a	3.42a	4.09b	28.91a	13.72a	101.87a
کود فسفر Phosphorus fertilizer (kg ha^{-1})	0	36.44a	91.75a	1.73a	2.96a	4.06a	24.90b	11.91a	77.35b
	80	34.00a	89.62a	1.85a	3.08a	4.25a	26.50a	12.70a	89.12a

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

۱ و ۲ به‌ترتیب مراحل رویشی و زایشی شاهدانه هستند.

The columns that share at least one letter have no significant differences according to LSD test at 5 percent of probability. 1 and 2 are vegetative and reproductive stages of hemp respectively.

پاسخ وزن خشک ساقه به کود نیتروژن برای سطوح مختلف کود دامی نشان داد که استفاده تلفیقی کود دامی به همراه کود شیمیایی نیتروژن اثر مثبتی در مقایسه با کاربرد تنها کود دامی داشت (جدول ۵). با افزایش سطح کود نیتروژن در سطوح ۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی، وزن خشک ساقه نیز افزایش یافت. در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی، با افزایش نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک ساقه افزایش، ولی با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار این صفت اندکی کاهش یافت (جدول ۵). کودهای دامی با تأمین مواد آلی مورد نیاز میکروارگانیسم‌های خاک سبب تکثیر آن‌ها شده و با افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، روند تجزیه مواد آلی تسریع می‌یابد و با تسریع این روند، منجر به افزایش آزادسازی مواد مورد نیاز گیاه به سیستم خاک- گیاه می‌شوند (Jahanban and Lotfifar, 2011). کودهای آلی با ایجاد تغییرات مثبت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی رشد، می‌توانند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن گیاه فراهم آورند. نتایج مشابهی در رابطه با اثر مثبت کود دامی بر گیاهان دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Tahami *et al*., 2010) و بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) (Fallahi, 2009) نیز گزارش شده است. کاربرد کود دامی به همراه کود شیمیایی نیتروژن با افزایش قابلیت دسترسی گیاه به مواد غذایی و همچنین بهبود معدنی شدن نیتروژن توسط کود دامی و تطابق بیشتر نیتروژن قابل دسترس با نیاز گیاه موجب شده تا وزن خشک ساقه افزایش یابد (Mooleki *et al*., 2004). افزایش میزان کود نیتروژن در تلفیق با کود دامی بسته به میزان کود مصرفی تا حدی می‌تواند ضمن افزایش ماده خشک تولیدی گیاه، تعادل بین تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه را حفظ نماید و با افزایش بیشتر آن به دلیل تنش شدید املاح، وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (Abbaszadeh *et al*., 2007).

وزن خشک برگ

وزن خشک برگ در مرحله رویشی تحت تأثیر کود نیتروژن افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب سبب افزایش ۱۹/۵۸ و ۲۹/۸۰ درصد وزن خشک برگ شدند (جدول ۴). در مرحله زایشی اثرات کودهای دامی، نیتروژن و فسفر بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). اگرچه وزن خشک برگ در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند اما در مقایسه با شاهد به‌ترتیب سبب افزایش ۵۱/۸۰ و ۶۰/۳۴ درصد وزن خشک برگ در بوته شدند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود دامی و نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده شاهدانه

Table 5- Mean comparisons for interaction effects of animal manure and nitrogen levels on measured traits in hemp

کود دامی Animal manure (ton ha^{-1})	نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha^{-1})	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g plant^{-1})	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})
0	0	16.97 g	4286.53 g	1284.37 e
	50	22.45 ef	5988.52 f	1491.46 de
	100	27.09 bc	7309.11 de	1931.99 c
10	0	20.7 f	4542.14 g	1397.58 de
	50	26.48 cd	6550.06 ef	1818.34 c
	100	29.56 ab	7994.35 cd	1859.12 c
20	0	21.93 ef	5678.46 f	1491.51 de
	50	27.48bc	8898.99 bc	2201.74 b
	100	30.13 a	10099.33 a	2539.65 a
30	0	24.06 de	6327.90 ef	1517.13 d
	50	30.73 a	9697.22 ab	2204.87 b
	100	28.69 abc	8935.57 bc	1845.80 c

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

The columns that share at least one letter have no significant differences according to LSD test at 5 percent of probability.

در مرحله زایشی سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب سبب افـزایش ۵۵/۷۰ و ۷۶/۲۴ درصـد وزن خشک برگ شد (جدول ۴). این افـزایش در مرحلـه زایشـی بیشـتر از مرحله رویشی بود. به نظر می‌رسد که با افزایش رشد، اختلافات ایجاد شده بین سطوح تیمارهای مربوط به نیتروژن و کود دامی به علت نیاز بیشتر به عناصر غذایی با پیشرفت رشد گیاه و همچنین کاهش سـطح مواد غذایی خـاک در شـاهد، افـزایش یافتـه باشـد. تحقیقـات نشـان می‌دهد که عنصر نیتروژن با افزایش تقسیم و تورژسانس سـلول‌هـای مریســتمی ســبب افــزایش رشــد رویشــی در گیاهــان مــی‌شــود (Makkizadeh *et al.*, 2012).

سطح ۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در مقایسه با عدم مصرف کـود فسفر، وزن خشک برگ را ۱۵/۲۱ درصد افزایش داد. محققـان نقـش مثبت فسفر بر افزایش رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها را در افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه مؤثر می‌دانند. در شـرایط عـدم اسـتفاده از کـود فسفر و یا سطوح پایین آن طول ریشه کوتاه‌تر، سطح ریشه کوچک‌تـر و زیست‌توده ریشه کمتر می‌شود در حـالی‌کـه فراهمـی آن از طریـق افزایش رشد ریشه سبب افزایش فراهمی و جـذب عناصـر غـذایی در خاک و در نتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود. افـزایش رشـد بخش‌های هوایی گیاه در اثر کود فسفر می‌تواند ناشی از نقش فسـفر در تولید ATP و تأمین انرژی لازم برای تثبیت کـربن و نیتـروژن در گیاه باشد (Markaryan *et al.*, 2016).

ضرایب تخصیص برگ، ساقه و دانه

ضرایب تخصیص گیاه در مرحله زایشی نشان داد که به‌طور کلـی با افزایش سطح کود دامی، تخصیص مواد به ساقه و دانه کاهش و به برگ‌ها افزایش یافت. به‌طوری که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامـی در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۸/۲۰ و ۱۵/۰۳ درصد تخصیص مواد به دانه و ساقه را کاهش داد. این در حالی بود که این سطح از کود دامی سبب افزایش ۱۵/۳۶ درصد تخصیص مواد بـه بـرگ‌هـای گیـاه شـد (جدول ۶). نتایج نیز نشان داد که سطح کود دامی ۲۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد نیز سبب کاهش ۱۵/۰۳ درصـد تخصـیص مـواد بـه ساقه شد، ولی تخصیص مواد به برگ‌های گیاه در این تیمار افـزایش یافت که این افزایش، اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان نداد (جدول ۶). نتایج این آزمایش با نتایج خرم دل و همکاران (Khorramdel *et al.*, 2016) مطابقت داشت. این محققان با بررسی اثر کود دامـی بـر رشد گیاه دارویی زیره سـیاه (*Bunium persicum* Bioss)، افـزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به جوانه‌های رویشی و برگ‌های زیره سـیاه را تحت تأثیر کود دامی گزارش کردند.

با افزایش سطح نیتروژن تخصیص مواد به برگ‌ها افزایش یافت، به‌طوری‌که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتـار نیتـروژن بـه‌ترتیـب سـبب افـزایش معنـی‌دار ۸/۸۷ و ۱۲/۸۳ درصـد اختصـاص مـواد بـه برگ‌های گیاه شدند. این در حالی بود که ضریب تخصـیص مـواد بـه ساقه در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتـار در مقایسـه بـا شاهد به‌ترتیب ۹/۸۷ و ۱۵/۱۱ درصد کاهش یافت و تنها سـطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد ۱۳/۰۷ درصد تخصیص

مواد به دانه را کاهش داد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی و همچنین سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با وجود کاهش جزئی تخصیص مواد به دانه که معنی‌دار نبودند، بیشتر از طریق تخصیص مواد از ساقه به برگ‌ها سبب افزایش تخصیص مواد به برگ‌ها شده باشند (Khorramdel *et al.*, 2016). این در حالی است که کاربرد ۳۰ تن در هکتار مشابه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با کاهش تخصیص مواد از ساقه و دانه سبب افزایش تخصیص مواد به برگ‌ها شده است.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات ساده کود دامی، نیتروژن و فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده در مرحله زایشی شاهدانه

Table 6- Mean comparisons of simple effects of animal manure, nitrogen and phosphorus on measured traits in reproductive stage of hemp

		تخصیص برگ Leaf allocation (%)	تخصیص ساقه Shoot allocation (%)	تخصیص دانه Seed allocation (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
کود دامی Animal manure ($ton\ ha^{-1}$)	0	52.34b	20.08a	27.58a	5861.4c	1555.94c	27.58a
	10	53.31b	20.08a	26.60a	6562.2b	1691.68bc	26.60a
	20	57.24ab	17.06b	25.70a	8225.6a	1855.93b	25.70a
	30	60.38a	17.06b	22.56b	8320.2a	2077.63a	22.56b
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer ($kg\ ha^{-1}$)	0	52.05b	20.25a	27.69a	5358.8c	1422.65c	27.69a
	50	56.67a	18.25b	25.07ab	7783.7b	1919.10b	25.07ab
	100	58.73a	17.19b	24.07b	8584.6a	2044.14a	24.07b
کود فسفر Phosphorus fertilizer ($kg\ ha^{-1}$)	0	54.79a	19.28a	25.92a	6798.8b	1685.86b	25.92a
	80	56.84a	17.85a	25.30a	7685.9a	1904.73a	25.30a

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

The columns that share at least one letter have no significant differences according to LSD test at 5 percent of probability.

وقتی شرایط محیطی مناسب باشد و عناصر غذایی کافی در اختیار گیاه باشد تئوری GDB[1] (موازنه‌ی رشد-تمایز) به سمت تولید رویشی سوق می‌یابد و تخصیص مواد فتوسنتزی و تولید پروتئین اندام رویشی افزایش می‌یابد (Jabbari *et al.*, 2009).

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک بیانگر این است که گیاه چه مقدار فتوسنتز حقیقی خود را قادر است به صورت فتوسنتز خالص درآورد (Majidian *et al.*, 2008). اثر کودهای دامی، نیتروژن، فسفر و اثر متقابل کودهای دامی و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در مقایسه با عدم کاربرد آن ۱۳ درصد افزایش یافت (جدول ۶). در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی استفاده از سطوح مختلف نیتروژن در افزایش عملکرد بیولوژیک شاهدانه مؤثر بود. در سطح ۳۰ تن در هکتار کود دامی کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با عدم اعمال نیتروژن در این سطح از کود دامی عملکرد بیولوژیک را ۴۱/۲۰ درصد افزایش داد، اما در مقایسه با سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد بیولوژیک را ۷/۸۵ درصد کاهش داد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در سطح ۳۰ تن در هکتار کود دامی، افزودن مقادیر بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از طریق افزایش نیتروژن گیاه، سبب کاهش رشد گردیده باشد. چرا که وضعیت نیتروژن اثرات قابل توجهی بر مقدار کربوهیدرات‌های گیاه دارد. احیای نیتریت و نیترات و ساخت اسیدهای آمینه، نیازمند سوخت و ساز هیدرات‌های کربن طی عمل تنفس است، پس افزایش نیتروژن سبب کاهش هیدرات‌های کربن و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود (Ghobanli *et al.*, 2005).

برتری نقش مکملی کودهای تلفیقی دامی و شیمیایی در گیاه از آن جهت است که در ابتدای رشد گیاهان، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای رشد گیاه فراهم می‌کند و در دوره‌های بعدی رشد، کود دامی مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف لازم را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. با بهبود معدنی شدن عناصر غذایی در تغذیه تلفیقی کود زیستی گاوی و کود شیمیایی نیتروژن برای گیاه، ریشه توسعه بیشتری می‌یابد. ریشه‌های توسعه یافته گیاه با افزایش جذب بهتر آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در افزایش سنتز ترکیباتی مانند

1- Growth-Differentiation Balance Hypothesis

پروتئین، کربوهیدرات‌ها و غیره مؤثر است (Moradi, 2015). عملکرد بیولوژیک با وزن خشک ساقه (۰/۷۴)، (۰/۹۷) و عملکرد دانه (۰/۸۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۹).

عملکرد دانه

تأثیر کودهای دامی، نیتروژن، فسفر و اثر متقابل کود دامی و نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در مقایسه با عدم کاربرد آن ۱۳ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۶). با مصرف فسفر نیز توسعه ریشه افزایش یافته و در نتیجه جذب آب و املاح بیش‌تر شد، که خود سبب افزایش رشد رویشی و گسترش بوته و در نهایت افزایش عملکرد دانه گردید (Valadabadi *et al*., 2007).

در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی استفاده از سطوح مختلف نیتروژن در افزایش عملکرد دانه‌ی گیاه مؤثر بود. در سطح ۳۰ تن در هکتار کود دامی کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطح شاهد همین سطح از کود دامی ۲۱/۶۶ درصد عملکرد دانه را افزایش داد، اما در مقایسه با سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در این سطح از کود دامی، عملکرد بیولوژیک ۱۶/۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). این موضوع اولاً نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت کاربرد کودهای دامی در تلفیق با کود شیمیایی نیتروژن در مقایسه با کاربرد تنها کود دامی بود و ثانیاً اهمیت سطوح تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود دامی را نشان داد، به طوری که با کاربرد کود دامی مصرفی برای گیاه دارویی شاهدانه به مقدار ۳۰ تن در هکتار، مصرف کود نیتروژن کاهش یافت و افزایش سطح نیتروژن در این سطح از کود دامی نه تنها باعث افزایش اتلاف کود مصرفی شد، بلکه سبب افت عملکرد بیولوژیک و دانه نیز گردید.

نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارا بوده و از طرفی مهم‌ترین عنصر در ساخت پروتئین‌ها می‌باشد و افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی، موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد. با افزایش پروتئین‌ها، گیاه به توسعه‌ی بخش‌های رویشی خود می‌پردازد که افزایش این بخش‌ها، افزایش مواد فتوسنتزی را به دنبال دارد. با افزایش مواد فتوسنتزی، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (Daneshian *et al*., 2013). اسدی و خادمی (Asadi and Khademi, 2014) مصرف کودهای شیمیایی کمتر از نیاز واقعی و نیز در مقادیر بالاتر از نیاز واقعی را منجر به کاهش عملکرد گیاهان دانستند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده کود دامی، نیتروژن و فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده خاک در مراحل رویشی و زایشی شاهدانه

Table 7- Mean comparisons of simple effects of animal manure, nitrogen and phosphorus on measured traits of soil in vegetative and reproductive stages of hemp

		کربن خاک Soil carbon (%)		نیتروژن خاک Soil nitrogen (%)		نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N ratio	
		1	2	1	2	1	2
کود دامی Animal manure (ton ha^{-1})	0	0.54c	0.55c	0.061a	0.057b	8.32a	9.34a
	10	0.61b	0.57bc	0.067a	0.07a	9.40a	8.23b
	20	0.68a	0.59b	0.068a	0.075a	10.24a	7.97b
	30	0.70a	0.65a	0.069a	0.077a	11.65	8.57ab
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha^{-1})	0	0.61a	0.57a	0.063b	0.067b	10.72a	8.75a
	50	0.64a	0.61a	0.066b	0.071a	9.93a	8.48a
	100	0.65a	0.59a	0.074a	0.073a	9.06a	8.35a
کود فسفر Phosphorus fertilizer (kg ha^{-1})	0	0.62a	0.58a	0.065a	0.069a	10.17a	8.57a
	80	0.65a	0.60a	0.069a	0.072a	9.63a	8.49a

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

۱ و ۲ به‌ترتیب مراحل رویشی و زایشی شاهدانه هستند.

The columns that share at least one letter have no significant differences according to LSD test at 5 percent of probability. 1 and 2 are vegetative and reproductive stages of hemp respectively.

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر دو عامل عملکرد بیولوژیک و دانه است و بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد (Majidian *et al*., 2008). اثر کودهای دامی و نیتروژن بر شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول

۳). به‌طور کلی با افزایش سطح کود دامی شاخص برداشت کـاهش یافت که این کاهش تنها در سطح ۳۰ تن در هکتـار کـود دامـی بـا کاهش ۱۸/۲۰ درصد در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود (جـدول ۶). بـا افزایش کود نیتروژن نیز شاخص برداشت شاهدانه کاهش یافت، بـه طوری که سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد ۱۳/۰۷ درصد این شاخص را به‌طور معنـی‌داری کـاهش داد (جـدول ۶). با توجه به اینکه در سطح ۱۰۰ کیلـوگرم در هکتـار نیتـروژن در مقایسه با شاهد افـزایش هـر دو صـفت عملکـرد بیولوژیـک و دانـه مشاهده گردید، به نظر می‌رسد کـاهش معنـی‌دار شـاخص برداشـت ناشی از افزایش بیشتر رشد رویشی در مقایسـه بـا افـزایش عملکـرد دانـه باشـد (جـدول ۶). شهسـواری و شـریفی (Shahsawari and Saffari, 2005) نیز بیان کردند که با وجود افـزایش هـر دو عامـل مؤثر بر شـاخص برداشـت تحـت تـأثیر نیتـروژن، کـاهش شـاخص برداشت به علت افزایش بیشتر مخرج کسر (عملکرد بیولوژیـک) بـه نسبت افزایش صورت کسر (عملکرد دانه) است.

نسبت کربن به نیتروژن خاک

نسبت کربن به نیتروژن خـاک در مرحلـه رویشـی تحـت تـأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت (جدول ۲)، اما در مرحلـه زایشـی کـود دامی در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر این نسبت داشت (جدول ۳). با وجود کربن کم خـاک مـورد آزمـایش (جـدول ۱)، اسـتفاده از کودهای دامی در افزایش کربن آلی خـاک مـؤثر بودنـد (جـدول ۷). وجود همبسـتگی مثبـت و معنـی‌دار ایـن صـفت بـا کـربن خـاک و همبستگی منفی و معنی‌دار آن با نیتروژن خاک در مراحل رویشـی و زایشی حاکی از چگونگی تأثیر کربن و نیتروژن خاک بر ایـن نسـبت است (جداول ۸ و ۹). با توجه به فقیر بودن خـاک مـورد آزمـایش از نظر درصد کربن، نیتروژن و نسبت C/N، به نظر می‌رسد که اضـافه نمودن کود دامی با درصـد بـالاتر کـربن، نیتـروژن و نسـبت C/N، توانست در افزایش نسبت کربن به نیتروژن خاک مؤثر باشد (جـدول ۱).

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در مرحله رویشی شاهدانه

Table 8- Correlation coefficient between measured traits in reproductive stage of hemp

	ارتفاع ساقه Shoot height (1)	قطر ساقه Shoot diameter (2)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (3)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (4)	کربن خاک Soil carbon(5)	نیتروژن خاک Soil nitrogen (6)	نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N ratio (7)
(1)	1						
(2)	0.374**	1					
(3)	0.318**	0.214*	1				
(4)	0.307**	0.042 ns	0.305**	1			
(5)	0.302*	0.186 ns	0.301*	0.239*	1		
(6)	0.254*	0.163 ns	0.183 ns	0.107 ns	0.133 ns	1	
(7)	-0.015 ns	0.108 ns	0.019 ns	0.054 ns	0.421**	-0.687**	1

ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

ns : Non- significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

وجود مقادیر پایین نسـبت کـربن بـه نیتـروژن در هـر دو مرحلـه رویشی و زایشی نیز به دلیـل اسـتفاده از کـود پوسـیده شـده در ایـن آزمایش بود. اضافه نمودن کود دامی در مرحله رویشی سبب افـزایش معنی‌دار کربن خاک شد به‌طوری‌که سطوح کـود دامـی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار مقایسه با شاهد به‌ترتیب سبب افزایش ۱۲/۹۶، ۲۵/۹۲ و ۲۹/۶۲ درصدی کربن خاک شدند. همچنین در مرحله رویشی با وجود افزایش نسبت C/N خـاک تحـت تـأثیر افـزایش سـطح کـود دامـی مصرفی، اختلاف معنی‌داری بین سطوح کود دامی بـا شـاهد مشـاهده نشـد (جـدول ۷). پـورعزیز و همکـاران (Pourazizi and Fallah, 2013) کارایی کمتر کودهای گاوی در اوایل فصـل رشـد را ناشـی از رقابت بین میکروارگانیسم‌هـای خـاک و گیـاه بـرای جـذب نیتـروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی و محدودیت نیتروژن معدنی قابـل جـذب برای گیاه به دلیل افزایش نسبت C/N ایـن کودهـا دانسـتند، امـا بـا گذشت زمان و کاهش موجودی نیتروژن در خاک در سطح صفر کـود دامی و آزادسازی تدریجی نیتروژن از کود دامی سبب شـد تـا سـطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه بـا شـاهد بـه‌ترتیـب ۱۲/۶۶، ۲۵ و ۲۸/۳۳ درصد نیتروژن خاک را افزایش دهند که خود در کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک در این مرحله از رشد مـؤثر بـود (جدول ۷). افزایش میزان نیتروژن خاک با گذشت زمـان، بـه حضـور کرم‌های خاکی در خاک و ضایعات نیتروژنی ترشح شده، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌های تولید شده از آن‌ها در خاک نسبت داده شد و از طرفی تجزیه مواد آلی به‌وسیله کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها

و تبدیل کربن آلی به گاز دی اکسید کربن و خروج آن از بستر، در کاهش نسبت C/N مؤثر بود (Kharrazi *et al.*, 2012).

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در مرحله زایشی شاهدانه

Table 9- Correlation coefficient between measured traits in reproductive stage of hemp

	ارتفاع ساقه Shoot height (1)	قطر ساقه Shoot diameter(2)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (3)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (4)	کربن خاک Soil carbon (5)	نیتروژن خاک Soil nitrogen (6)	نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N ratio (7)	عملکرد دانه Seed yield (8)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (9)	شاخص برداشت Harvest index (10)
(1)	1									
(2)	0.553**	1								
(3)	0.597*	0.610**	1							
(4)	0.512**	0.420**	0.627**	1						
(5)	0.259*	0.192^{ns}	0.350**	0.369**	1					
(6)	0.227^{ns}	0.298*	0.419**	0.447**	0.457**	1				
(7)	-0.017^{ns}	-0.159^{ns}	-0.174^{ns}	-0.192^{ns}	0.305**	-0.689**	1			
(8)	0.456**	0.503**	0.750**	0.682**	0.293*	0.419**	-0.213^{ns}	1		
(9)	0.553**	0.495**	0.749**	-0.976**	0.383**	0.476**	-0.211^{ns}	0.815**	1	
(10)	0.359**	0.186^{ns}	-0.326**	-0.705**	-0.210^{ns}	-0.265*	0.122^{ns}	0.073^{ns}	-0.59**	1

ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

ns: Non- significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

نتیجه‌گیری

کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌هاست. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از سطح ۳۰ تن در هکتار کود دامی در تلفیق با مقادیر مناسبی از کود نیتروژن می‌تواند در کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در مرحله‌ی زایشی مؤثر باشد. نتایج نشان داد که مصرف بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای سطح کود دامی ۳۰ تن در هکتار، سبب کاهش وزن خشک ساقه، عملکرد بیولوژیک و دانه شد. کود دامی در مرحله زایشی در کاهش نسبت C/N مؤثر بود. در مرحله رویشی تنها کود شیمیایی نیتروژن تأثیر مثبت معنی‌داری بر ارتفاع، وزن خشک ساقه و برگ داشت، به نظر می‌رسد با وجود استفاده از کود پوسیده دامی در این آزمایش، برای آزادسازی مواد معدنی از کود دامی و انجام واکنش‌های مربوط به آن در خاک و جذب توسط گیاه، نیاز به گذشت زمان باشد تا مواد بتوانند مورد استفاده گیاه قرار گیرند، لذا کود دامی در مرحله‌ی رویشی اثر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت، اما در مرحله‌ی زایشی علاوه بر تأثیر مثبت کود شیمیایی نیتروژن، تأثیر مثبت کود دامی بر صفات رشد مشاهده گردید. اضافه نمودن فسفر به خاک اثر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی رویشی نشان نداد، اما درمرحله زایشی بر افزایش وزن خشک ساقه، برگ و عملکرد دانه و بیولوژیک مؤثر بود. با توجه به اهمیت گیاه دارویی شاهدانه در زمینه‌های تولید بذر، الیاف، روغن، ترکیبات دارویی و همچنین توانایی رشد آن در اقلیم‌های گوناگون نیاز است تا در تحقیقات و توسعه کشاورزی پایدار بیشتر مورد استفاده و بررسی قرار گیرد.

References

1. Abbaszadeh, B., Sharifi, E., Aedakani, M. R., Aliabadi, H., and Alizadeh, A. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on quantities and qualities yield of medicinal plant balm (*Melissa officinalis* L.). 2nd National Conference of Ecological Agriculture. Iran, Gorgan, 16-17 October: 927-939. (in Persian).
2. Abdipoor, M., Farahbakhsh, J., and Panahi, Kh. 2013. The effects of different levels of nitrogen phosphorous on *Plantago major* extract in Yasouj. National Conference on Water and Wastewater Engineering. Iran, Tehran. (in Persian).
3. Akande, M. O., Olwatoyinbo, F. I., Makinde, E. A., Adepoju, A. S., and Adepoji, I. S. 2010. Response of okra to organic and inorganic fertilization. Journal of Nature and Science 8 (11): 261-266.

4. Asadi, F., and Khademi, Z. 2014. Changes in Nutrients (N, P, K) Concentration in Various Parts of Corn during Different Growth Stages. Iranian Journal Soil Research 24 (4): 485- 498. (in Persian with English abstract).
5. Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. Methods of soil analysis. Part 2. American of Agronomy. Mandison. WI, P. 1148-1158.
6. Daneshian, J., Rahmani, N., and Alimohammadi, M. 2013. Effects of nitrogen and manure fertilizer application on yield and yield components of calendula (*Calendula officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Crop Production Research 5 (3): 251-260. (in Persian with English abstract).
7. Diepen Brock, W. 2000. Yield analysis of winter oil seed rape: A review. Field Crops Research 67: 35-49.
8. Eslami khalili, F., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A., and Taghavi Ghsemkheili, F. 2014. Effect of organic and chemical fertilizer on soil properties and nutrient concentration in pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (3): 476-485. (in Persian with English abstract).
9. Fallahi, J. 2009. Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) as a medicinal plant. Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (in Persian).
10. Ghobanli, M., Hashem moghaddam, Sh., and Fallah, A. 2005. Study of Interaction Effects of Irrigation and Nitrogen on Some Morphological and Physiological Characteristic of Rice Plant (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural Sciences 12 (2): 415- 428. (in Persian with English abstract).
11. Hosseini valiki, R., and Ghanbari, S. 2015. Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 6 (2): 29-37.
12. Jabbari, R., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavy, M. A., and Kordenaeej, A. 2009. Effects of application methods of nitrogen fertilizer in semi arid and moderate cool conditions on morphological and composition on Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Crop Breeding 1 (3): 78-94. (in Persian with English abstract).
13. Jafari Haghighi, M. 2003. Soil analysis methods- sampling and analysis physical and chemical with emphasis on Theory and Applied principles. Neday Zahi Publication 236p. (in Persian).
14. Jahanban, L., and Lotfifar, O. 2011. Study of the effective organism (EM) application effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (*Zea maiz* S.C704). Plant Production Technology 11 (2): 43-52. (in Persian with English abstract).
15. Javaheri, A. M., Rashidi, N., and Baghizadeh, A. 2016. Influence of organic farm yard manure, potassium and boron on quantity and quality of sugar beet in Bardsir region. Journal of Sugar Beet 21 (1): 43-56. (in Persian with English abstract).
16. Jokubauskaite, I., Slepetiene, A., and Karcauskiene, D. 2015. Influence of different fertilization on the dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus accumulation in acid and limed soils. Eurasian Journal of Soil Science 4 (2): 137-143.
17. Kharrazi, M., Unesi, H., and Abedini, J. 2012. Effect of corn waste blended with cow dung and paper on vermicompost qualities using *Eisenia fetida*. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 103: 179-191. (in Persian with English abstract).
18. Khamchin moghaddam, F., and Rezaee pajand, H. 2009. Criticising de morttone regionalization method according to linear moments for maximum daily precipitation in Iran. Journal of Technical- Engineering 2 (2): 93-103. (in Persian with English abstract).
19. Khorramdel, S., Rezvani moghadam, P., and Asady, Gh. A. 2016. Effects of different levels of animal manure and bulb weights on yield and yield components of caraway (*Bunium persicum* Bioss.). Journal of Plant Production Research 22 (4): 133-155. (in Persian with English abstract).
20. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamgar haghighi, A. A. 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. Electronic Journal of Crop Production 1 (2): 67-85. (in Persian with English abstract).
21. Makkizadeh, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S., and Khavazi, K. 2012. Effect of different types of nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28 (2): 330- 341. (in Persian with English abstract).
22. Mallanagouda, B. 1995. Effects of NPK and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medical and Aromatic Plant Science 4: 916-918. (in Persian with English abstract).
23. Markaryan, Sh., Najafi, N., Asgharnejad, N., and Avestan, Sh. 2016. Interactive effects of Ensifer meliloti (*Sinorhizobium meliloti*) and phosphorus on some growth characteristics of alfalfa under soil water deficit conditions. Journal of Soil Biology 3 (2): 163-178. (in Persian with English abstract).
24. Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid-Slembrouck, I., and Soldati, A. 1998. Decimal code for growth stage of hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of the International Hemp Association 5 (2): 65, 68-74.
25. Mooleki, S. P., Schoenau, J. J., Chales, J. L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of freedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiencyn in east-central Saskatchwan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210.

26. Moradi, S. 2015. Impact of sheep manure, urea and triple superphosphate on onion morphological properties. International Journal of Farming and Allied Sciences 4 (2): 167-170.
27. Oomah, B., Busson, M., Godfrey, D., and Drover, J. 2002. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. Food Chemistry 76: 33-43.
28. Pourazizi, M., and Fallah, S. 2013. Optimization of application of nitrogen fertilizers for growth and yield of forage sorghum under low- input conventional farming systems. Journal of Crop Production and Processing 3 (9): 81-91. (in Persian with English abstract).
29. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M. R., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of isabgol (*Plantago ovata* Forsk). Electronic Journal of Crop Production 3: 193-213. (in Persian with English abstract).
30. Saadati, A., Pourtahmasi, K., Salami, S. A., and Oladi, R. 2015. Xylem and bast fiber properties of six Iranian hemp populations. Iranian Journal of Natural Resources 68 (1): 121-132. (in Persian with English abstract).
31. Shahsawari, N., and Saffari, M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. Pajouhesh and Sazandegi 66: 82-87. (in Persian with English abstract).
32. Shams, A., Abadian, H., Akbari, Gh., Koliai, A., and Zeinali, H. 2012. Effect of organic and chemical fertilizers on Amount of Essence, biological yield and harvest index of *Matricaria chamomile.* Annals of Biological Research 3 (8): 3856-3860**.**
33. Singh, R. V., and Chauhan, S. P. S. 1994. Response of barley to the levels and sources of nitrogen with and without zinc in relation to yield and water use under dryland conditions. Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika 6: 43-48.
34. Tahami, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2 (1): 70-82. (in Persian with English abstract).
35. Wahba, H. E., Motawe, H. M., and Ibrahim, A. Y. 2014. Effect of nitrogen fertilizers on productivity of Urtica pilulifera plant. Bioscience 6 (1): 49-56.
36. Valadabadi, S. A., Alimohammadi, M., and Daneshian, J. 2007. The evaluation of nitrogen (N) and phosphorous (P) consumption on yield and growth of sweet corn (*Zea mays* var saccharata). Plant and Ecosystem 12: 53-65. (in Persian with English abstract).
37. Yazdani biouki, R., Bannayan avval, M., Khazaei, H. R., and Sodaeeizadeh, H. 2015. Investigating some quantitative and qualitative characteristics of wild marjoram (*Origanum vulgare* sub sp. Virid.) as affected by different levels of azocompost and urea. Agroecology Journal 6 (4): 798-811. (in Persian with English abstract).
38. Zaman, S. 2003. Plant medicinales. Ghoghnos, iran, p: 134. (in Persian).
39. Zeinali, H., Moslehi Yazddeli, A., Safaei, L., Jaberalansar, Z., Akhondi, A., and Skanderi, Z. 2014. Effects of different N.P.K fertilizer levels on quantitative and qualitative traits of *Matricaria chamomilla* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (4): 511-518. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 137-152

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۵۲-۱۳۷

Changes in Soil C/N Ratio and Response of Growth of Hemp (*Cannabis sativa* L.) to Different Levels of Animal Manure and Chemical Fertilizers

S. Laleh[1*]- M. Jami Al-Ahmadi[2]- S. Parsa[3]
Received: 13-11-2016
Accepted: 08-05-2017

Introduction

Hemp is used in the food, drug, and natural fibers. Assessment of various systems of plant nutrition is one of the ways to improve field management and production of medicinal plants. Nitrogen is considered a necessary element in plant nutrition. Nitrogen uptake as ammonium compounds form, serves as starting material for amino acid biosynthesis and additional N-containing compound such as pyrimidine, purine bases, chlorophyll, proteins, nucleic acid, vitamins and other organic compounds, therefore, the higher plants require larger amount of nitrogen. Phosphorus is the second most important nutrient in plants. Studies show that application of animal manure provides different nutrients for plants. Application of animal manure in soil at the optimal level for plant growth provides a opportunities for soil fertility, conservation, sustainability, and protection against degradation but they need time to release their nutrient. Various studies showed that the combined usage the animal manure and chemical fertilizers (like N and P) has positive effects on soil, growth and yield of plant with the aim of protecting the environment. Organic and inorganic fertilizers are effective on soil C/N ratio. Soil C/N ratio is important factor for plant and soil. It is important to study the different stages of plant growth responses to organic and chemical fertilizers for plants production. Therefore, the present study was undertaken to evaluate the effect of organic amendments enriched with chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus and studying changes of soil C/N ratio in vegetative and reproductive stages of hemp.

Materials and Methods

To study the effect of different levels of animal manure and chemical fertilizers, a split factorial experiment, based on complete randomized blocks design with three replications was conducted at the Research Farm of Faculty of agriculture, University of Birjand, during the growing season 2013-2014. Experimental factors were animal manure (0, 10, 20 and 30 ton ha^{-1} well-rotted farmyard manure) as the main plot, and factorial application of three levels of N (0, 50 and 100 kg N ha^{-1} as Urea) with two levels of P (0 and 80 kg P_2O_5 ha^{-1} as triple superphosphate) as sub-plot. Hemps were planted on rows 60 cm apart, with 30 cm distance between plants within a row, at the depth of 3-4 cm. In during experiment didn't use any poison and pesticide. Measurements were performed in both vegetative (11th leaf pair) and reproductive (50% of seeds hard) stages. Measured traits included leaf, shoot weight, shoot height and diameter per square meter in sub-plot for female plants of hemp in vegetative and reproductive stages. Seed weight measured in reproductive stage too. Nitrogen of soil was determined by Kjeldahl method and soil carbon was measured by Walleky & Black method. Finally, all variables were analyzed by SAS software ver 9.1. The means were compared using LSD test at the 0.05 probability level.

Results and Discussion

The results showed that the measured traits were not affected by animal manure in the vegetative stage, but nitrogen fertilizer had significant effect on growth traits in this growth stage. Using manure and nitrogen fertilizers increased height and shoot diameter, leaf and shoot dry weight in reproductive stage. Biological and seed yield increased with increasing of nitrogen levels in different treatments of 0, 10 and 20 ton ha^{-1} animal manure. Combined usage of 30 ton ha^{-1} animal manure and 100 kg N ha^{-1} decreased biological and seed yields. Combined usage of 30 ton ha^{-1} animal manure and 50 kg N ha^{-1} and 20 ton ha^{-1} animal manure and 100 kg N ha^{-1} increased biological and seed yields. Harvest index decreased with increasing rate of animal manure and nitrogen fertilizers. So harvest index decreased 18.20 and 13.07 % in treatments of 30 ton ha^{-1} animal manure and 100 kg N ha^{-1} respectively, due to increasing the growth of hemp. Leaf allocation increased with increasing

1- PhD student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: Samaneh_Laleh@birjand.ac.ir)

animal manure and nitrogen fertilizer levels. Phosphorus increased seed yield (13%), shoot dry weight (42.6%) and leaf dry weight (15.21%) in the reproductive stage. Soil C/N ratio decreased with increasing growth of hemp. In reproductive stage, using animal manure decreased C/N ratio due to release of nitrogen to the soil.

Conclusions

Combined usage of manure and chemical fertilizer were more effective than manure alone. Animal manure and nitrogen fertilizer were effective on soil C/N ratio. Results indicated that combined use of animal manure and chemical fertilizers must be done carefully and use of appropriate amounts of animal manure and chemical fertilizer can be effective in reducing the use of chemical fertilizers.

Keywords: Cow manure, Triple superphosphate, Urea